

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-004831

(43)Date of publication of application : 08.01.2003

(51)Int.Cl.

G01R 33/04
G01C 17/30

(21)Application number : 2002-113642

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 16.04.2002

(72)Inventor : SHIMOE OSAMU
ABE TAISUKE

(30)Priority

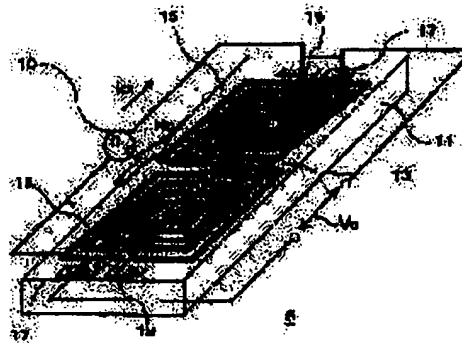
Priority number : 2001118624 Priority date : 17.04.2001 Priority country : JP

(54) ORTHOGONAL FLUX GATE TYPE MAGNETIC SENSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To inexpensively provide a high-performance and flat orthogonal flux gate type magnetic sensor which can be mounted easily to a mobile device.

SOLUTION: In the orthogonal flux gate type magnetic sensor provided with a flat detecting coil, a magnetic body and a power source for alternately exciting the magnetic body, the detecting coil is not wound to the magnetic body and is constructed in a laminating structure having a flat coil by a printing coil or the like arranged to the vicinity of the magnetic body. The alternately magnetized magnetic body detects a change of an external magnetic field by the detecting coil. The sensor is made flat. The detecting coil is provided with a detecting means for detecting a change of a voltage drop generated to both ends of the magnetic body or a change of a current, so that a high frequency carrier type magnetic sensor can be constituted.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(10) 日本特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許庁登録番号

特開2003-4831

(P2003-4831A)

(40) 公開日 平成15年2月6日(2003.1.6)

(51) 国際分類
G01S 25/04
G01C 17/20

特許庁

F1
G01S 25/04
G01C 17/20

特許庁(特許)
G01S 25/04
A

特許庁 特許庁 特許庁の登録 OL (全11頁)

(21) 出願番号 特開2001-113001(2001-113001)

(22) 出願日 平成14年4月17日(2002.4.17)

(23) 特許庁登録番号 特開2001-113001(2001-113001)

(24) 出願日 平成14年4月17日(2002.4.17)

(25) 特許庁登録番号 日本(JP)

(71) 出願人 00000000

日立金属株式会社

東京都港区芝浦一丁目3番1号

(72) 発明者 下江 幸

埼玉県草加市三ツ木二丁目2番地 日立金属株式

式会社エレクトロニクス研究所内

(73) 発明者 下江 幸

埼玉県草加市三ツ木二丁目2番地 日立金属株式

会社エレクトロニクス研究所内

アターム(特許) G01S 25/04 G01C 17/20 G01S 25/04

G01S 25/04

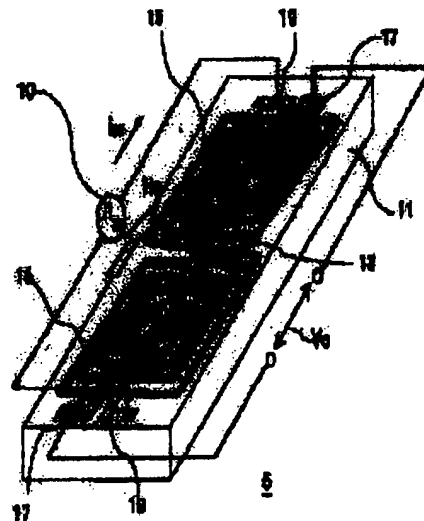
(54) 【発明の名称】 平面ブラックスグート型磁気センサ

(57) 【要約】

【課題】 モバイル機器に着用可能な、高性能な平面状の交流ブラックスグート型磁気センサを提供する。

【解決手段】 平面状の検出コイル、磁性体および検出コイルを交流電流化するための駆動電流を流す交流ブラックスグート型磁気センサであり、検出コイルを磁性体

に巻繞しないで、プリントコイル等による平面状のコイルを磁性体に近接して配置した構成とすることによって、交流電流化された検出コイルが外部磁場の変動を敏感に検出コイルによって検出するとともに、高平化を図る。検出コイルは、また、磁性体の表面に生じる電圧降下の変動、あるいは電流の変動を検出手数を加え、高精度キャリア型磁気センサを構成することが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 検出コイルと磁性体を備え、磁性体にパルスもしくは交流電流を流すことによって磁性体を磁化し、外部磁場を発生する直交フラックスゲート型磁気センサであり、前記検出コイルは前記磁性体に巻回されず、前記磁性体の近傍に配置されることを特徴とする直交フラックスゲート型磁気センサ。

【請求項2】 平面状の検出コイル、磁性体および磁性体を交差磁化するための励磁電流源を備え、交差磁化された磁性体と外部磁場の磁束を前記検出コイルによって検出することを特徴とする直交フラックスゲート型磁気センサ。

【請求項3】 磁性体と検出コイルを備える直交フラックスゲート型磁気センサであって、少なくとも前記検出コイルを平面状に作製すると共に、前記磁性体と磁束をなす励磁電流源とすることを特徴とする直交フラックスゲート型磁気センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、微小磁界の検出に好適な磁気センサに係り、特に平面状に作製することが可能な直交フラックスゲート型磁気センサに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、地球磁界等の微小磁界から数十エルステッド程度の磁界強度を検出できる磁気センサのうち、磁性体に検出コイルを巻回し、磁性体を交差磁化する励磁電流源を備えたフラックスゲート型磁気センサが知られている。フラックスゲート型磁気センサは方式によって平行フラックスゲート型と直交フラックスゲート型に大別される。

【0003】 近年、電子機器の小型軽量化に伴い、これら磁気センサも小型および高性能化が進んでいる。従前の平行フラックスゲート型磁気センサは、検出コイルコアが用いられていたが、その後、コア系モルファス材や鉄系焼結材料のリングコアに置換され、 x 、 y の2軸センサが開発された。この磁気センサは、特許第2501850号公報に詳細に記載されている。また、平板状の励磁コイルと検出コイル間に磁性体を挿入した薄型の平行フラックスゲート型磁気センサの発明例が、IE EE Trans. on Magnetos vol 30 No.6, 1994に発表されている。

【0004】 図1は平行フラックスゲート型磁気センサの概略的な構成を示す断面図である。図示するように、磁心となる磁性体61を中心に励磁コイル63と検出コイル65を同心円状に配置する。励磁電流67から励磁コイル63に正電流またはパルス電流 I_{ex} を流すと、磁性体61は磁化されて検出方向に内部磁界 H_i を生じる。この H_i に平行な成分を持つ外部磁界 H_o を作用させると、 H_o の大きさに応じた電圧が検出コイルの出力端子69-1及び69-2間に誘起される。出力電

圧は、動作原理から基本値もしくは比率値となる。

【0005】 図1-7は、図1の磁気センサの内部磁界と外部磁界の関係を説明する断面図である。図1-7の(e)に示すように、磁性体61には内部磁界 H_i と外部磁界 H_o が誘起される。図面(b)に示すように、内部磁界 H_i に対し外部磁界 H_o の向きが一致する場合に、合成磁界強度が最大となり、その結果出力電圧が最も大きな値が得られる。一方、図面(o)に示すように、外部磁界 H_o が内部磁界 H_i に対して逆向きになる場合、出力電圧は最小となる。この最小と最大値の差が検出可能な範囲と定義される。以上の説明から明らかなように、この方式は磁心61の後に励磁コイル63と検出コイル65が必要であり、構造が比較的複雑で、平面化が容易でないことが欠点である。

【0006】 一方、直交フラックスゲート型磁気センサに関しては、P. L. L.氏によるProc. IEE Part 2 1989の文献発表まで進めることができる。この方式においても初期には、磁性体として高導磁率合金ワイヤあるいはフェライトが使用され、検出用のコイルは上記の磁性体を包み込むようにソレノイド状に巻回されていた。近年、鉄系焼結材料の適用例が報告されたが、検出コイルや磁性体の配置等に関しては、大きな変更が加えられず、進展が無いまま発表当時とほぼ同じ構造となっている。図18は、この直交フラックスゲート型磁気センサの概略を示す断面図である。

【0007】 図18において、磁性体71に励磁電流67からパルスまたは交流の励磁電流 I_{ex} を流すことによって、磁性体71は円周方向に磁化され内部磁界 H_i が誘起される。内部磁界 H_i は交差し、 H_i に垂直に外部磁界 H_o が印加されると、その大きさに比例した基本値もしくは比率値の電圧が、磁性体71に巻回された検出コイル75の端子79から得られる。図18に示す構造は、特許第2517408号公報等に記載された発明であり、高感度で部品数が少なくできる等の特徴を備える磁気センサである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の直交フラックスゲート型磁気センサは高性能であるが、厚さ方向の寸法を縮小することが困難であった。設置場所や用途が限定されることにより、磁気センサとしての用途を狭めている。特に、モバイル機器の代表である携帯電話等に搭載することができない。従来のフラックスゲート型磁気センサは、構造上、薄型を前提にしていなかった。例えば、図18において検出コイル75は磁性体に巻回されるため、磁性体71に検出コイルの厚さ分が重ねられ、かなり高まった構造である。加えて、検出コイル75は数百ターン程度が巻かれるため、磁性体71と絶縁をとりながら行う巻線作業は、煩瑣かつ時間を要し高価であった。また、巻線のターンが多いと検出コイル自体の大きさを小型化することは困難である。

【00109】また、磁性体はバルクであるよりも施または薄膜の状態で磁性体の方が磁性特性には安定性に優れ、センサのサイズを減小する上で有利である。しかし、数100 μm 以下程度の板状の磁性体に検出コイルを巻装しようとなると、非常に困難で製造設備に多大な投資が必要であるばかりが、複雑な構造となるために信頼性の低下にもつながるといって標準的な問題を新たに招くことになる。本発明の目的は、前記問題を解決するもので、スパイラル状の巻装に容易に施される扁平な磁性センサを、安価に提供しようとするものである。

【00110】

【問題を解決するための手段】本発明の直交フラックスゲート型磁性センサは、検出コイルと磁性体とを備え、磁性体にバルスもしくは交流電流を流すことによって前記磁性体を磁化し、外部磁界を検出する直交フラックスゲート型磁性センサであり、前記検出コイルは前記磁性体に巻装され、前記磁性体の磁界に磁化されることを特徴とする。本発明では、扁平な形状のコイルを作製し、コイルの近傍に磁性体を配置する。より好ましくはコイルに磁性体を巻着して且つ両者の接触を確保しつつ配線する。検出コイルを磁性体に巻装するのではなく、検出コイルの近傍に磁性体を配置することにより、磁性センサの小型化を達成する。他の利点をすると、本発明では、磁性体すなわち磁性コアの長さ方向と、平面状の検出コイルを形成した面がほぼ平行の関係にあるため、磁性センサ全体の小型化に寄与する。

【00111】本発明の他の直交フラックスゲート型磁性センサは、平面状の検出コイル、磁性体および磁性体の励磁用電線を備え、励磁用電線から前記磁性体にバルス電流もしくは交流電流を流すことによって磁性体を磁化し、内部磁界と外部磁界との相互作用で磁束変化を生じさせ、この磁束変化を平面状の検出コイルで検知できるように、磁性体を平面状の検出コイルに近接して配置するものである。特に、磁界強度が大きく変化する箇所すなわち磁性体の端部に近接して検出コイルのスパイラル形状の中心を配置することが、磁束変化を効果よく検出する上で好ましい。スパイラル状の中心とは、平面状の検出コイルにおいてスパイラル状に巻かれている箇所の中心近傍を指す。平面状の検出コイルと磁性体との密着性が高まることから一層強い電磁気的結合が得られ、検出感度の向上ならびに省電力化が図れる。

【00112】より詳細には、本発明に係る直交フラックスゲート型磁性センサは平面状の検出コイルと磁性体と励磁用電線を備え、前記励磁用電線から前記磁性体にバルス電流もしくは交流電流を流すことによって磁性体を磁化し、内部磁界と外部磁界との相互作用で磁束変化を生じさせ、この磁束変化を平面状の検出コイルで検知できるように、磁性体を平面状の検出コイルに近接して配置するものである。特に、磁界強度が大きく変化する箇所すなわち磁性体の端部に近接して検出コイルのスパイラル形状の中心を配置することが、磁束変化を効果よく検出する上で好ましい。スパイラル状の中心とは、平面状の検出コイルにおいてスパイラル状に巻かれている箇所の中心近傍を指す。平面状の検出コイルと磁性体との密着性が高まることから一層強い電磁気的結合が得られ、検出感度の向上ならびに省電力化が図れる。

【00113】本発明の他の直交フラックスゲート型磁性センサは、磁性体と検出コイルを備える直交フラックスゲート型磁性センサであって、少なくとも前記検出コイ

ルを扁平状に作製すると共に、前記磁性体と被覆層とを併用して検出コイルに巻装することとを特徴とする。特に、シート状の検出コイル（シートコイル若しくは平面コイル）と磁性体の磁性体を組み合わせれば、1mm以下あるいは数100 μm 以下の厚さで磁性センサを形成することが可能である。さらに、本発明に係る直交フラックスゲート型磁性センサは、検出コイルと磁性体を複数積み上げて層構造にすることが出来る。

【00114】上記本発明に係るいずれかの直交フラックスゲート型磁性センサは、巻装上に施された平面状の検出コイル及び磁性体と、前記磁性体にバルス電流もしくは交流電流を流す励磁用電線を備え、前記平面状の検出コイルは、直列に接続した2つのスパイラルコイルと、検出コイルの出力を得る端子とを備え、前記磁性体は、磁束を集めるゲートとして機能する一対の端部と、励磁用電線と接続するための端子とを備え、前記磁性体は前記スパイラルコイルと交差して配置され、前記端部は前記スパイラルコイルの中心近傍に配置される構成にすることが望ましい。この構成は、検出コイルを2つのスパイラルコイルで構成しているため、磁性体の長さ方向が平面状の検出コイルとはほぼ平行に配置されていても、高効率で外部磁界を検知できる。

【00115】

【発明の実施の形態】以下、図面等により実施例を説明する。ただし、これら実施例によって本発明が限定されるものではない。なお、同一でなくとも類似の部品は同じ符号で説明する。

（実施例1）図1は、本発明の一実施例を示す直交フラックスゲート型磁性センサの斜視図である。この実施例では、まず、絶縁基板11上に、電気メッキ及び溶融プロセスにより非磁性導電性材料の検出コイル15を形成した。次いで、検出コイル15の端を除いて絶縁膜（図示を省略）を被覆した。次いで、検出コイル15の端に接続するように一対の検出コイル用端子17を設けた。次いで、この検出コイル用端子17の端部の端を除くようにして、スパイラル状の検出コイル15の上に絶縁膜（図示を省略）を被覆した。次いで、絶縁膜上に一対の端部となる端子19を形成した。次いで、パターニングをフレームメッキ法で形成し、不要部分をエッチングで除去して所定の形状にパターニングの磁性体13を作製した。磁性体13の各々の端部は、スパイラル状に巻いたコイルの中心近傍に配置させると共に、端子19と接続させた。磁性体13の磁化容易軸方向は図内で電流方向10xに垂直である。図示してない絶縁膜には、検出コイル用端子17や端子19を通すためのスルーホールが適宜設けられており、これら端子が途中で検出コイルと接触しないように立体的な配線となっている。

（図示を省略）を被覆した。次いで、検出コイル15の端に接続するように一対の検出コイル用端子17を設けた。次いで、この検出コイル用端子17の端部の端を除くようにして、スパイラル状の検出コイル15の上に絶縁膜（図示を省略）を被覆した。次いで、絶縁膜上に一対の端部となる端子19を形成した。次いで、パターニングをフレームメッキ法で形成し、不要部分をエッチングで除去して所定の形状にパターニングの磁性体13を作製した。磁性体13の各々の端部は、スパイラル状に巻いたコイルの中心近傍に配置させると共に、端子19と接続させた。磁性体13の磁化容易軸方向は図内で電流方向10xに垂直である。図示してない絶縁膜には、検出コイル用端子17や端子19を通すためのスルーホールが適宜設けられており、これら端子が途中で検出コイルと接触しないように立体的な配線となっている。

【00116】絶縁基板11は、厚さ1.1mmのガラス基板である。検出コイル15は、矩形（正方形状）に巻いた2倍のスパイラルコイルを直列に接続したものであ

る。矩形コイルの外形は図2、5mm四方であり、巻き回数はそれぞれ100ターンで、コイル導体の線径は厚さ2 μ m、幅8 μ mである。図1では、正確に指示することが難しかったため、巻き回数を大略に省略して指示した。磁性体13のパーマロイ膜は厚さ2 μ m、幅0.5mm、長さ5mmとした。さらに、磁性体13の両端には導電用の銅板膜による端子19を設けた。このように構成した直交フラックス型磁気センサ5は、端子19に励磁用電源10からパルス状の励磁電流 I_m を流し込むことにより、検出コイル用端子17から出力電圧 V_o を得ることができた。なお、図1の実験例1では、端子19を先に形成し、磁性体13を後に形成した状態の製造例として、先に磁性体13を形成し、導電体の各々の端に覆い被せるように端子19を形成する場合も可能である。

【0017】図2は、図1の磁気センサにおける励磁電流 I_m と出力電圧 V_o を測定するグラフである。図1(a)は磁気センサに印加した励磁電流 I_m [A]と時間 t [ms]の関係を示すパルス電流波形であり、最高値を0.2A付近に選んだ。この励磁電流による励磁の磁界は、磁性体13の異方性磁界 H_K に相当する値である。図2の(b)、(c)および(d)は磁気センサから得た出力電圧 V_o の波形である。(b)は磁界を水平に保ち、地磁場の水平成分に対して磁気センサの長手方向が、平行となるように設置した場合の出力電圧波形である。これに対して、磁性体13の長手方向が地磁場の水平成分と垂直の向きになるように設置した場合が(d)である。

【0018】他方、(c)は磁性体13の長手方向が地磁場の水平成分と垂直となるように設置した場合で、上記(b)及び(d)の丁度中間位置とみなすことができる。図示するように、出力電圧はほとんどゼロとなる。

(b)及び(d)を比較すると、ピーク値の等しい逆位相のパルス電圧が得られたため、両磁極磁界は直交電圧に定規できる。その直交電圧の振幅を基準とした値が磁界の方向と向きを定することになり、外部磁界の測定が可能である。外部磁界が磁性体13に垂直の場合、(c)に示すように出力電圧パルスはゼロとなる。このことから、0°〜90°度の角度の検出が可能である。

【0019】次に、励磁電流源としてロックインアンプを用い、実験例1の特定検出方法(図3)と結果(図4)について述べる。図3は測定装置の概略と検出を示す検出回路である。測定装置ではヘルムホルツコイル35の中央に実験例1の直交フラックス型磁気センサ5を配置した。ヘルムホルツコイル35はX方向の磁界を生じる一対の磁気コイルと、Y方向に磁界を生じる一対の磁気コイルで構成した。図3中の直交フラックス型磁気センサ5は、磁気センサ11上の銅線を省略し、磁性体13と検出コイル15のみを図示し、励磁用電源10に代えて矩形発生器を端子に接続し、検出コイル用端子には

ロックインアンプを接続して測定を行なった。

【0020】なお、使用したロックインアンプ31の最高周波数が105kHzであるため、磁性体13に流す励磁電流の基本周波数を半分の52kHzとした。外部磁場の印加にはヘルムホルツコイル35を使用し、最大80A/m程度の磁界を磁性体13に与えた。検出コイル15からの出力電圧は、基本周波数の2倍の倍音をロックインアンプ31の出力として計測した。ロックインアンプに接続した抵抗Rは1k Ω 以上のものを用いた。

【0021】このようにして測定した結果、すなわち本発明による磁気センサの出力特性を図4に示す。図4

(a)は磁性体13の長手方向に平行に磁界を印加した場合で、外部印加磁界[A/m]に対する出力電圧の関係である。励磁電流 I_m = 0.1A、0.15A、0.2Aの3通りについて測定した。外部印加磁界の絶対値が0から45〜50A/mまでの範囲では、外部印加磁界と出力電圧はほぼ比例関係になった。しかし、磁性体13の異方性磁界 H_K に相当する50A/m付近でピーク値を示し、これを過ぎると出力電圧は逆に減少した。

【0022】さらに、図4(b)は外部印加磁界を40A/m一定に保ちながら磁気センサの傾斜角 θ に対する出力電圧特性である。0.08A以下では出力は得られず、不感領域であるが、この値以上になると傾斜角は一定の値が得られた。以上の説明から明らかのように、この磁気センサ(直交フラックス型磁気センサ)は、所定の条件を満たせば、磁性体の外部磁界に対する角度と出力電圧との関係が1対1に対応することから、方位センサあるいは永久磁石を用いた傾斜センサとして使用できることがわかる。また、この磁気センサの出力電圧が外部磁界とリニアな関係を有することに基いて電流センサの検出等に適用することもできる。さらに、可動体と静止体にそれぞれ磁気片あるいは永久磁石を取り付けた構造に適用すれば、相対位置関係を出力電圧で検出できるため、位置センサまたは距離センサなどに利用できる。なお、磁性体として実験例1ではパーマロイ膜を使用した。C系アモルファスワイヤあるいはC系アモルファス線棒、鉄系非晶線棒、アモルファス線棒等の高透磁率かつ高導電材料を用いることがより好適である。

【0023】本発明では、磁性体と検出コイルの位置関係が重要である。図5の(a)は図3の図で検出コイルと磁性体の位置関係を模式的に説明する。図5の(b)は従来の構造のモデルである。磁性体5は検出コイル51および53に直交するように設置されるため、磁性体5を通過する磁束 Φ は検出コイル51及び53に直交する。従って、外部磁場 H_o が存在する時に磁性体5がパルス電流の磁場などによって励磁されると、検出コイル51及び53に直交する磁束が変化し、検出コイルに電圧が誘起される。これが従来の検出原理である。

【0024】次に、検出コイル51と53の上半分を左右に引き伸ばし、磁性体55の断面をより広げさせて検出コイル51'及び53'とした場合を図5の(b)に示す。さらに、検出コイル51'及び53'の下半側のコイルを磁性体55の下側に配置するように扁平化した場合の断面図を図5の(c)である。

【0025】図5の(a)、(b)および(c)を比較すると明らかなように、(b)、(c)の出力電圧は同一であるが、(a)の場合に比べて平均の出力となる。

(c)が本発明の検出コイルと磁性体の断面図を示す。すなわち、磁性体55に検出コイル51'、53'を巻回しなくても、磁性体55に近接もしくは密着するように配置することによって、共振周波数H₀による共振変化を発生させることが可能であることがわかる。図5では磁場の磁性体55を貫通して磁場が、磁性体55の形状等の所定の長さや形状を有するものであっても、本発明の実施による効果は充分得ることができ、また、磁性体の下部側に限らず、上下面に近接したり、複数のコイルを多層化する実施例も可能であることがわかる。

【0026】(実施例2)図6はスパイラル状の検出コイルを1層とした場合の直交フラックス型磁気センサの断面図である。この場合、検出コイル25は巻線21上に1層形成され、一対の端子29を通じて磁性体29に交流電流を流すことによって外部磁界に反応した電圧が検出コイル25の端に接続した検出コイル用端子27から得られる。この実施例から明らかなように、本発明は検出コイルの巻線数ではなく、磁性体との距離関係が重要である。なお、図6において磁界を発生させた、端子29には交流電流(交流電圧)を印加するための駆動用電源を接続して、直交フラックス型磁気センサとして機能することを確認した。

【0027】(実施例3)外部磁場の検出効率を向上させた磁性体の例を図7の斜視図に示す。図示するように、磁性体の両端部と中央部に形状的な特長を持たせている。図7の(a)は実施例1若しくは実施例2の磁性体について、端部の形状を棒として丸めた形状とし、中央部の両側に凹みを入れた形状に相当する。図7の(b)は(a)の形状の外周を更に凹凸部にした形状である。これらの形状は、検出コイルに近接するだけ多くの磁束が誘起するように意図したもので、端部における磁界を検出コイル中央部に移動させる構造としたものである。磁性体以外の構造は実施例1若しくは2と同様にした。

【0028】(実施例4)図8は、磁気製造プロセスを用いて製造した他の直交フラックスゲート型磁気センサの断面図である。図8の(a)に本発明に係る磁気センサを、(b)に比較例の磁気センサを示す。(a)の直交フラックスゲート型磁気センサは、実施例1の一部を変更した構造に相当する。すなわち、磁性体13を先に形成し、続いて磁性体13の両端に覆い被せるように端子19を形成し、更に磁性体13を保護膜18で被覆し

たものである。その他の構造は実施例1と同様にした。検出コイルの巻く方向はコイルの進行方向は磁束密度11の面に垂直と考える。検出コイルの端と、磁性体の面を平行に配置するため、磁性体の厚さを薄くすることが可能になると共に、製造プロセスを用いながら短い製造工程で済むというメリットもある。

【0029】図8の(b)比較例の磁気センサは、磁性体13bに検出コイル40bを巻回する構造である。まず、絶縁基板11b上に非磁性性電線を被覆し、多数の導電性のパターンを得た。これらパターンは平行に配列したものであり、検出コイルの片側半分(下側のコイル層)に相当する。次いで、これらの導電性のパターンの中央部を第1の絶縁膜で被覆し、各々のパターン間の間隔は第1の絶縁膜の外に露出させた。この露出した絶縁膜上に各々のパターンと対応するように1本の導電性19bを形成し、更に磁性体13bの両端に一対の端子(図示を省略)を形成した。次いで、磁性体13b及び第1の絶縁膜を覆うように第2の絶縁膜を被覆した。次いで、露出させておいた導電性のパターンの一方の端と一列異なる側のパターンの他端とを接続すべく、絶縁膜を穿くように非磁性性電線のパターンを形成した。絶縁膜を穿くように多数のパターンを多数形成して、もう片側半分の検出コイル(上側のコイル層)を被覆し、検出コイル40bを得た。従って、検出コイルの巻く方向は絶縁基板11bの面にほぼ垂直となった。検出コイル40bの両端に一対の検出コイル用端子19bを形成した。次に、上側のコイル層を保護膜18bで被覆して、比較例の直交フラックスゲート型磁気センサを得た。

【0030】図8の比較例では、検出コイル40bの上側や絶縁膜18bの厚さが磁気センサの高さに加わるため、厚さが増大してしまう。磁性体の端に導線のコイルを巻いて作製される従来のものに比べると薄型化されているが、本発明の構造に比べると厚くなっている点はデメリットである。また、上側のコイル層は、磁性体13bとそれを包む絶縁膜を巻き回るように形成するため、正確なパターンニングが難しい。上側のコイル層と下側のコイル層において、接続すべき箇所が多数あるため、それらの電気的な接続を全て正確に得ることが難しく、歩留まりが低い。コイル層の端が短くなって接続することが多いということも、歩留まり低下の原因となっている。また、電線が屈曲する箇所や上側と下側の接続箇所において、接続部が他の部分より高くなって異物吸着するおそれがあるという問題も生じた。これら歩留まりや製品の寿命だけでなく、図8の(a)に比べて、製造工程が長いという点も問題である。

【0031】(実施例5)図9は、x、yの2軸磁気センサの構成を示す平面図である。概念的には、図5の直交フラックスゲート型磁気センサ(検出コイル1層)において、磁性体をもう1本追加して、2軸に成形したものと考えることができる。この構成は、まず、絶縁基板3

1上に磁界の検出コイル35とその両端に接続した一対の検出コイル用端子37を形成し、検出コイルを覆うように絶縁膜を形成した。次いで、検出コイルの一方の端と交差するように導体層上に導性体33-1を形成し、その両端に接続するように端子39-1と端子39-2を形成した。次いで、検出コイルの他方の端と交差させて且つ端子39-1と導体層を接続するようにして、導性体33-2を形成した。ついで、導性体33-2の他端に端子39-3を形成し、導性体を覆うように保護膜を形成して、2つのブラックスグート型磁気センサを得た。直交させた導性体33-1及び導性体33-2が、それぞれ検出成分と検出成分の境界を検知する。この磁気センサの応答素子として、2つの出力電圧をマイコン等でデータ処理することが出来るシステムに組み込めば、3次元の磁界マッピング測定の装置に適用可能である。

【0032】(実施例5)さらに、本発明の直交フラックスゲート型磁気センサを高周波キャリア型磁気センサとして応用できる。図10は、この高周波キャリア型磁気センサの原理図である。実施例1と同様の磁気センサの導性体13にパルス電流もしくは交流電流 i_m を流すと、前述のように導性体13が外部磁場 H の影響を受けてインピーダンス変化をする。誘導電流 i_0 として定電流源を用いれば、このインピーダンス変化は導性体周囲の電圧変動として検知可能である。また、励磁用電流 i_0 として定電流源を用いれば、このインピーダンス変化は電流の変動として検知可能である。従って、励磁用電流を定電流源に接続して且つ同時に電圧検出手段を設ける構成、あるいは励磁用電流を定電流源に接続して且つ同時に電流検出手段を設けた構成が、高周波キャリア型磁気センサとなる。

【0033】この高周波キャリア型磁気センサの動作原理を図11で説明する。グラフ(a)にて外部磁界を増していくと、インピーダンスは最初増加し、次第に増加量が漸く最大値をとってから減少する。この特性は印加磁界の方向に対して対称である。このため、バイアス磁界 H_B を加えて、図中の動作点 M を選択することになる。バイアス磁界を加えない動作点 M' で示されるが、動作範囲が狭いことが欠点として上げられる。しかし、構成が簡単であり、安価で高信頼性の磁気センサである。また、この磁気センサによるインピーダンスの測定データの一例を図11の(b)に示す。性能上、直交フラックスゲート型と同様の効果が見られる。

【0034】(実施例7)図12は、本発明による直交フラックスゲート型磁気センサをチップ部品とした場合の原理図である。この実施例では、導体層13と導性体の両端に設けた端子39をチップ端子31に形成し、導体の検出コイルは図10と同様に形成しておいて、このチップ端子31を前記検出コイルに合わせる方法を用いた。なお、導体の検出コイルをチップ部上に一体的に形成する構成も可能である。

【0035】(実施例8)図13は、後の実施例による直交フラックスゲート型磁気センサの原理図である。ワイヤー状の導性体をハンダで固定した構造の一環である。前述の構造は絶縁膜を形成した時、導体で表示した。まず、ワイヤー状のパーマロイの導性体13bを用意し、その両端を銅(04)のメッキ膜13aで被覆した。次に、絶縁膜11b上に絶縁膜を介して実施例1と同様に検出コイル15bを形成し、その両端に検出コイル用端子17bを設けた。次いで検出コイル17bを被覆するように絶縁膜を形成し、その上に一対の端子19bを形成した。絶縁膜12の表面121には端子19bが露出されている。更に、端子19bを接続するように前記ワイヤー状の導性体13bを配置し、導性体の両端に形成したメッキ膜13aと端子19bの各々をハンダ付けしてハンダ19aを固めて固定した。このようにして直交フラックスゲート型磁気センサを構成した。

【0036】導性体13bは、パーマロイのみの導体Aと、銅のメッキ膜13aを被覆した導体Bとからなる。一方の端子19aから導体Bに接続しようとする時、電流の流れる方向は導体Bの低い銅のメッキ膜13aを流れる。銅のメッキ膜を流れた電流は導体Aに流れ込み、さらに他方の銅メッキ膜13a及び他方の端子19bに流れていく。従って、導体Aは高周波の電流により励磁されるが、導体Bは高周波電流により励磁されない状態となった。磁束を集めるゲートとして機能する導性体の端は導体Aの両端に相当し、且つスパイラル状のコイル中心の上にあるため、効率的に磁束を検出することができる。導体Bはゲートとしては機能しないが、磁束を導体Aに導く集束作用を有するため、導体Bがない構造に比べて、直交フラックスゲート型磁気センサの感度を高くすることができる。なお、更に他の実施例として、メッキ膜13aの材質を金(Au)に代替することも出来る。要は、導性体13aの比抵抗に比べてメッキ膜13aの比抵抗が十分に小さければ、導体Bにほとんど電流が流れないため、ゲートとして機能する導性体の長さを導体Aに限定することができる。従って、導性体の端を被覆することができれば、アルミニウム(Al)膜やハンダメッキ膜等でパーマロイより比抵抗の低い材料を使うことも可能である。

【0037】図14は、実施例8の構成を導性体側からみた平面図であり、直交フラックスゲート型磁気センサの全体を示す。アルミナ(Al₂O₃)の保護膜中に設けた検出コイル15bの上に、導性体13bを配置して、導性体13bとメッキ膜13aの電流がスパイラル状のコイル中心に近接するように配置した。メッキ膜13aの端はハンダ19aで端子19bに固定した。なお、検出コイルと検出コイル用端子17bはアルミナの保護膜(絶縁層11bを覆う膜)の中に配置したが、導線を取るために検出コイル用端子17bの露出の端は保護膜の外に露出させた。なお、導性体13bとメッキ

図13を要うように動線用のコーティングを塗布したが、図14では図示を省略した。

【0038】実施例8の構成は、磁性体の固定をスパイラル状のコイル中心近傍ではなく、離れた箇所磁性体を固定するものである。磁性体固定用のハンダがコイル中心を覆うことなく巻かれているので、ハンダ固定動作後に磁性体のゲートとして機能する箇所がコイル中心上に位置しているが、自然で確認することができないという利点がある。また、直交フラックス型磁界センサの全体を小型化・薄型化したときに、磁場も磁路も磁路に比べてハンダ付け位置が遠隔しているため、ハンダ付けの作業を行い易い。

【0039】（実施例9）実施例3と同様の直交フラックスゲート型磁界センサにおける磁性体について、シミュレーションで寸法を算出することにより、効率よく磁界を検出するための条件を検討した。図15は、磁性体の長さ L と感度の関係を算出するグラフである。まず、基準となる磁性体として、厚さ $2\mu\text{m}$ 、幅 $500\mu\text{m}$ 、長さ $L=3\text{mm}$ の板状の磁性体の感度を算出した。次いで、磁性体の長さ L を変えていき、磁性体が集めることができる磁束 $[Wb]$ を計算で求めた（計算1）。ここで θ は1 μT の平均な磁束密度の中で、磁性体が集めることができる磁束に相当する。磁性体の両端角が円滑である。これらの計算結果からカーブから磁性体長さ L と集められる磁束の関係を算出すると、磁性体の長さ L が0.5mm以上且つ2.5mm以下の範囲で長さあたり得られる感度の値すなわち感度が良いことがわかる。 L が2.5mmを超えると感度が飽和し始める。 L が0.5mm未満になると感度が低下するだけでなく、集められる磁束の量自体が小さいため、高感度の磁界センサを構成する上で好ましくない。なお、図15において、横軸の目盛りは2mmを単位とし、縦軸の目盛りは $1 \times 10^{-13} Wb$ を単位とする。

【0040】次いで、磁性体の断面積を変えて、同様の計算を行なった。基準となる磁性体として、厚さ $2\mu\text{m}$ 、幅 $200\mu\text{m}$ 、長さ $L=1.5\text{mm}$ の板状の磁性体の感度を算出した。磁性体の長さ L を変えていき、磁性体が集めることができる磁束 $[Wb]$ を計算で求めた（計算2）。すると、計算値から得られたカーブは、計算1とほとんど同じカーブとなった。

【0041】更に、磁性体の断面積を変えて、同様の計算を行なった。基準となる磁性体として、厚さ $5\mu\text{m}$ 、幅 $500\mu\text{m}$ 、長さ $L=1\text{mm}$ の板状の磁性体の感度を算出した。磁性体の長さ L を変えていき、磁性体が集めることができる磁束 $[Wb]$ を計算で求めた（計算3）。すると、計算値から得られたカーブは、 $L \leq 2.5\text{mm}$ 以下では計算1とほとんど同じカーブとなり、 $L > 2.5\text{mm}$ では計算1よりも得られる感度値が大きくなった。ただし、磁性体の断面積は、断面の形状よりも長さに負うところが大きいと考えられる。

【0042】これらの計算結果から、実施例1の形状で感度のよい直交フラックスゲート型磁界センサを構成するには、磁性体の長さ L が0.5mm以上且つ2.5mm以下の範囲であることが望ましいことがわかる。特に好ましくは L を1mm以上且つ2mm以下の範囲とするとよい。さらに、各要素の寸法パラメータを変えて計算したところ、磁性体の厚さは $1\mu\text{m}$ 以上且つ $10\mu\text{m}$ 以下、磁性体の幅は $100\mu\text{m}$ 以上且つ $500\mu\text{m}$ 以下の範囲内とすることが望ましいことがわかった。ただし、これら厚さと幅の範囲は、磁性体の断面積が $1 \times 10^{-10} \text{m}^2$ 以上且つ $5 \times 10^{-10} \text{m}^2$ 以下の範囲内となるようにするのが望ましい。

【0043】次に、実施例1の平面状のコイルについて、スパイラルコイルの中心周上の距離を L_0 （あるいは磁性体の長さ L ）に対して、 L_0 に沿って配列されたコイルの幅の総和 w （sum）を変えて計算したところ、 $0.4 L_0 \leq w < (sum)$ という密度でコイルを配置すると良いことがわかった。但し、コイル厚さ $1\mu\text{m}$ のCuコイル膜を高感度でフレームメッキ法により形成する際に、銅合金コイル膜を規定するレジストフレームの断面形状が高アスペクト比になり、正確なパターンニングが難しくなり、銅合金コイルがショートしやすくなる。従って、パターンニングの精度を高めるためには、 $w < (sum)$ より、 $0.4 L_0$ とすることが望ましい。従って、 $0.4 L_0 \leq w < (sum)$ より、 $0.4 L_0$ という密度で検出コイルを配けるとよい。

【0044】以上に説明した各実施例では、励磁電流にゼロ期間のある矩形波パルスを使用した場合を示したが、三角波あるいは正弦波など交番電流であっても、測定は可能である。要するに、測定方法は励磁電流波形に適した方法を選択すればよい。

【0045】一方、磁性片は薄膜プロセスで形成する方法を示したが、バルク材等から製造する方法でも良く、上記した磁性特性が得られる製造方法ならば、磁性片の製造方法には何種類にも制限を施すことは明らかである。また、本発明では、検出コイルが平坦もしくは扁平であれば、最も効率よく発熱の効果を享受できるが、完全に扁平である必要はなく部分的に凹凸があるものでも充分である。検出感度あるいは出力を向上させるために、複数の検出コイルを配置するか、磁性片とサンドイッチ状に構成することも可能である。

【0046】上述の実施例では、磁界検出方法を直交フラックスゲート型磁界センサに適用して説明したが、環状コイルと磁性片と電流を流れる導線は本発明のキャリア形磁界センサとして使う事が出来る事は勿論である。磁性体のインピーダンスの測定結果の一例を図16に示した。さらにいずれの原理で動作させてもコイルに誘導電流を流させる事により磁性片に磁界を印加する事が出来るため、バイアス磁界や励磁磁界を発生させ、磁界センサの安定性、直線性の改善、検出感度範囲の拡大に

使うことが可能である。

【0047】

【発明の効果】本発明によって、モバイル機器等に搭載
ができる扁平な磁気センサを安価に製造することが可能
となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る直交フラックスゲート型磁気セン
サの斜視図である。

【図2】本発明に係る磁気センサの励磁電流 I_m と出
力電圧 V_o を説明するグラフである。

【図3】磁気回路の構造と接続を示す断面図である。

【図4】本発明による磁気センサの出力特性である。

【図5】検出コイルと磁性体の位置関係を説明する概略
図である。

【図6】本発明による第2の実施例を説明する磁気セン
サの斜視図である。

【図7】本発明に係る他の実施例の磁性体の形状例を説
明する斜視図である。

【図8】本発明に係る他の実施例を説明するための磁気
センサの断面図である。

【図9】本発明に係る2軸の磁気センサの実施例を説明
する平面図である。

【図10】高周波キャリア型磁気センサの断面図であ
る。

【図11】高周波キャリア型磁気センサの動作原理であ
る。

【図12】本発明による磁気センサのチップ部品の斜視
図である。

【図13】他の実施例にかかる直交フラックスゲート型
磁気センサの断面図である。

【図14】実施例8の構造を磁性体側からみた平面図で
ある。

【図15】磁性体の長さと言束の関係を説明するグラフ
である。

【図16】従来の平行フラックスゲート型磁気センサの
断面図である。

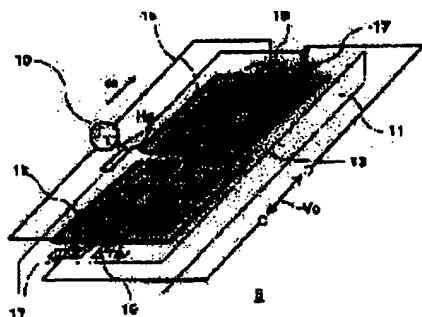
【図17】図16の磁気センサの内部境界と外部境界の
関係を示す概略図である。

【図18】従来の他の直交フラックスゲート型磁気セン
サの斜視図である。

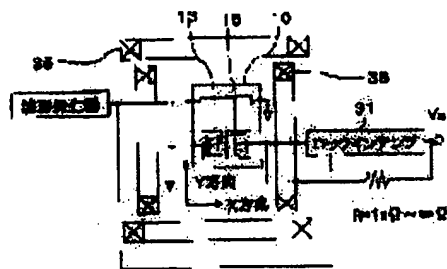
【符号の説明】

5 直交フラックス型磁気センサ、 10 励磁電
源、 11、21、31、11b 絶縁基板、 12 絶縁
膜、 121 絶縁膜の裏面、 13、23、33-
1、33-2、13b 磁性体、 13c メッキ膜、 1
5、25、35、15b 検出コイル、 17、27、3
7、17b 検出コイル用端子、 18 保護膜、 19、
29、39-1、39-2、39-3、19b 端子、
19c ハンダ、31 ロックインアンプ、 35
ヘルムホルツコイル、 40 検出コイル、 51、53、
51'、53'、51''、53'' 検出コイル、 55
磁性体、 61、71 磁性体、 65、75 検出コ
イル、 67 励磁コイル、 67、77 励磁電
源、 69-1、69-2 出力端子、 79 端子、 91 チ
ップ部、 93 端子、 95 磁性体。

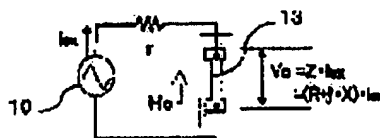
【図1】

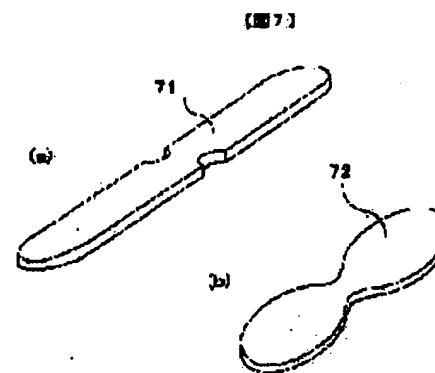
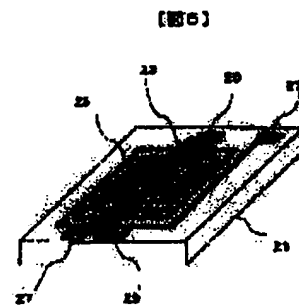
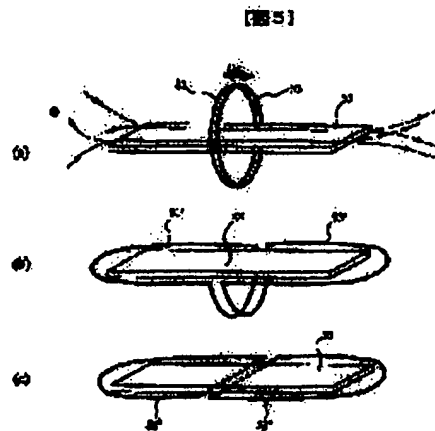
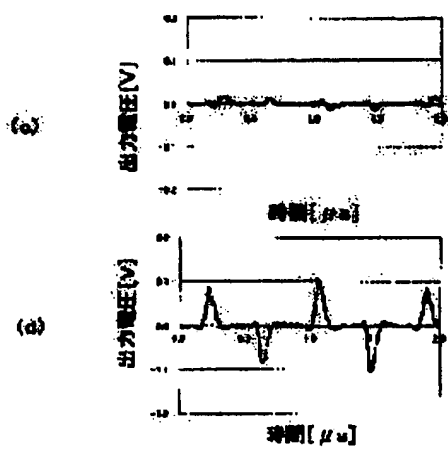
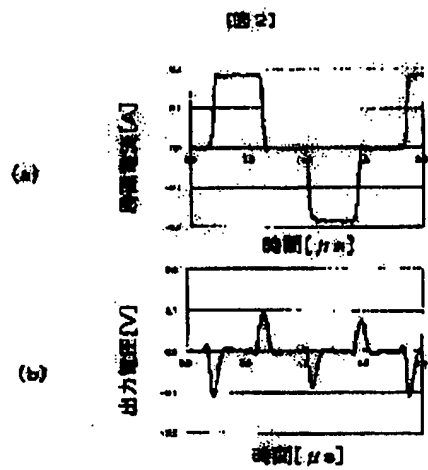


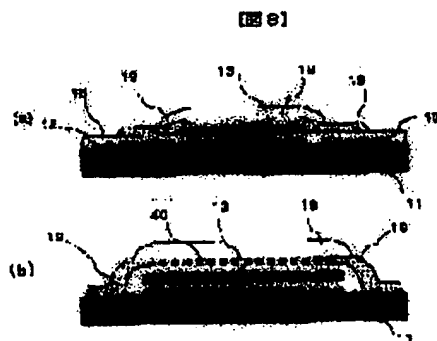
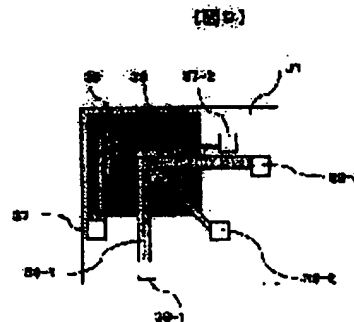
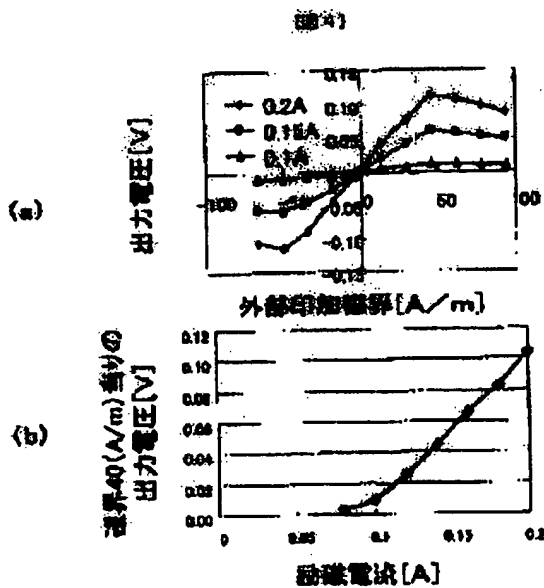
【図3】



【図10】

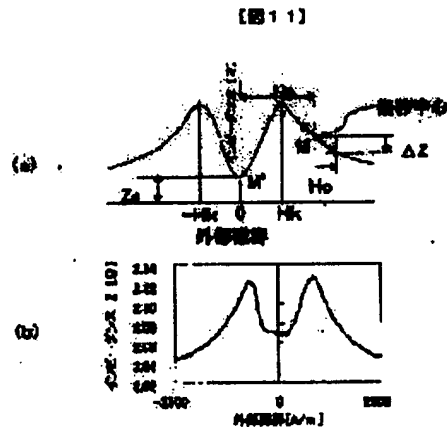
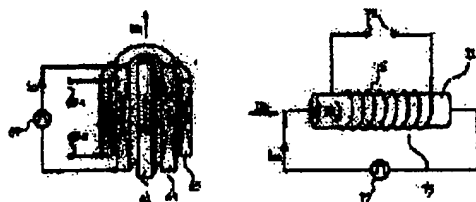




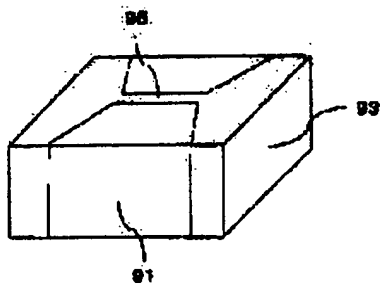


【図15】

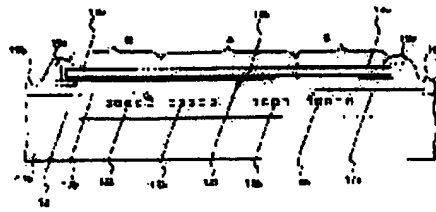
【図16】



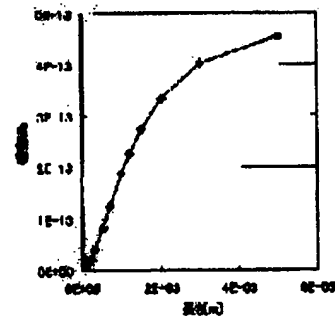
【图 1 2】



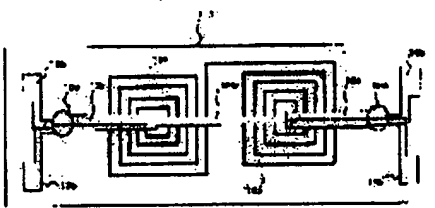
【图 1 3】



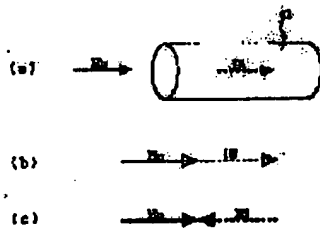
【图 1 5】



【图 1 4】



【图 1 7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.